

PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

IL VICE SEGRETARIO GENERALE
Dott.ssa Pierina Martignelli

Il Segretario Generale
Dr. Franco Nardone

Commissario Delegato

O.c.d.p.c. n. 298 del 17.11.2015 e n. 303 del 03.12.2015

*Interventi urgenti di cui all'articolo 1, comma 3 lett.c)
dell'OCDPC n. 298/2015 finanziati ai sensi degli artt. 3 del
ODCPC 298/2015 e 303/2015*

**RIPRISTINO TOTALE FUNZIONALITA' DEL PONTE SUL FIUME UFITA
IN LOCALITA' APICE SCALO CON RELATIVA DIFESA IDRAULICA**



Soggetto Attuatore del Commissario
Delegato
PROVINCIA di BENEVENTO

Codice intervento:

00/U/107

PROGETTO DEFINITIVO

Art. 24 D.P.R. 5.10.2010 n. 207

**Titolo Elaborato:
RELAZIONE IDROLOGICA**

Progetto strutture

innovazione tecnologica
materiali e strutture

ITeMS

Responsabili scientifici

Idraulica: Nicola Fontana
Strutture: Maria Rosaria Pecce
Geotecnica: Stefania Sica

Supporto Tecnico-Scientifico



Università
degli Studi
del Sannio

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA

Gruppo di Progettazione

Arch. Raffaele Rabuano

Arch. Carminantonio De Santis

Responsabile Unico del Procedimento

Ing. Gennaro Fusco

Approvato con Deliberazione n. *94* del *16-6-2016*
Adottata dal Presidente della Provincia di Benevento

Codice elaborato:
7- R
Scala:

Studio geologico

Dott. Geol. Claudio SACCO

Il Segretario Generale
Dr. Franco Nardone

Premesse

La presente relazione sintetizza i risultati dell'analisi idrologica sviluppata in riferimento al corso d'acqua oggetto della progettazione. Tale analisi è stata finalizzata alla valutazione delle massime portate di piena relative a preassegnati periodi di ritorno ed in un prefissato numero di sezioni idrologiche.

La valutazione delle massime portate di piena naturali, come descritto in dettaglio nel seguito, è stata effettuata utilizzando la metodologia proposta nel Rapporto Valutazione delle Piene in Campania (VAPI) e già adottata dal C.U.G.R.I. nello studio redatto per l'Autorità di Bacino dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno, finalizzato alla definizione delle aree inondabili dei corsi d'acqua principali del bacino del Volturno e delle relative fasce di pertinenza fluviale.

Per semplicità di lettura, di seguito sono descritti la metodologia VAPI ed i risultati ottenuti per il corso d'acqua in esame.

Generalità

L'analisi idrologica dei valori estremi delle precipitazioni e delle piene in Campania è stata effettuata nel Rapporto VAPI Campania attraverso una metodologia di analisi regionale di tipo gerarchico, basata sull'uso della distribuzione di probabilità del valore estremo a doppia componente (TCEV - Two Component Extreme Value). Tale procedura si basa sulla considerazione che esistono zone geografiche via via più ampie che possono considerarsi omogenee nei confronti dei parametri statistici della distribuzione, man mano che il loro ordine aumenta.

Indicando con Q il massimo annuale della portata al colmo e con T il periodo di ritorno, cioè l'intervallo di tempo durante il quale si accetta che l'evento di piena possa verificarsi mediamente una volta, la massima portata di piena Q_T corrispondente al prefissato periodo di ritorno T , può essere valutata come:

$$Q_T = K_T \cdot m(Q) \quad (1)$$

dove:

- $m(Q)$ = media della distribuzione dei massimi annuali della portata di piena (piena indice).
- K_T = fattore probabilistico di crescita, pari al rapporto tra Q_T e la piena indice.

Per quanto attiene alla valutazione del fattore regionale di crescita, il rapporto VAPI propone la formulazione riportata al paragrafo che segue. Per la valutazione di $m(Q)$, vengono invece indicate quattro differenti metodologie, due di tipo diretto, basate su formule monomie in cui la portata dipende essenzialmente dall'area del bacino, e due di tipo indiretto (la formula razionale e il modello geomorfoclimatico) in cui la piena indice viene valutata a partire dalle piogge e dipende in maniera più articolata dalle caratteristiche geomorfologiche del bacino (area, percentuale impermeabile, copertura boschiva).

Valutazione del fattore regionale di crescita

Nell'ambito del Progetto VAPI del G.N.D.C.I./C.N.R., il territorio nazionale è stato suddiviso in aree idrologicamente omogenee, caratterizzate pertanto da un'unica distribuzione di probabilità delle piene annuali rapportate al valore medio (legge regionale di crescita con il periodo di ritorno K_T).

L'indagine regionale volta alla determinazione di tale legge è stata svolta per la regione Campania nel Rapporto VAPI Campania sopra menzionato. I risultati sono stati ottenuti sotto forma di una relazione tra K_T e T esplicitata come:

$$T = \frac{1}{1 - \exp(-13,11 \cdot 0,0202^{K_T} - 0,923 \cdot 0,230^{K_T})} \quad (2)$$

Questa relazione può essere valutata in prima approssimazione attraverso la seguente:

$$K_T = -0,0545 + 0,680 \cdot \ln T \quad (3)$$

con un errore inferiore al 5% per $T \geq 10$ anni.

Nella Tabella 1 che segue sono riportati, per diversi periodi di ritorno, i valori di K_T ottenuti dall'equazione (3).

| T [anni] | K_T |
|------------|-------|
| 2 | 0.87 |
| 5 | 1.29 |
| 10 | 1.63 |
| 20 | 2.03 |
| 30 | 2.26 |
| 50 | 2.61 |
| 100 | 3.07 |
| 300 | 3.83 |
| 500 | 4.17 |
| 1000 | 4.64 |

Tab. 1. Legge regionale di crescita delle portate per la regione Campania.

Valutazione della piena media annua $m(Q)$

La piena media annua $m(Q)$ è caratterizzata da una elevata variabilità spaziale che può essere spiegata, almeno in parte, ricorrendo a fattori climatici e geomorfologici. E' dunque in genere necessario ricostruire modelli che consentano di mettere in relazione $m(Q)$ con i valori assunti da grandezze caratteristiche del bacino.

Quando manchino dati di portata direttamente misurati nelle sezioni di interesse, l'identificazione di tali modelli può essere ottenuta sostanzialmente attraverso due diverse metodologie:

- approcci di tipo puramente empirico, del tipo $m(Q) = a \cdot A^b$ (con A = superficie del bacino);
- approcci che si basano su modelli in cui la piena media annua viene valutata con parametri che tengano conto delle precipitazioni massime sul bacino e delle caratteristiche geomorfologiche (modelli geomorfoclimatici).

Il Rapporto VAPI Campania ha provveduto alla stima dei parametri sia per modelli empirici di vario tipo che per il modello geomorfoclimatico. Tali parametri sono stati stimati utilizzando i dati di 12 delle 22 stazioni idrometriche presenti in Campania, corrispondenti a bacini di estensione variabile tra 95 km² (Tusciano ad Olevano) e 5542 km² (Voturno a Ponte Annibale).

In quanto segue, mancando dati di misura di portata nelle sezioni di interesse, il calcolo della portata media annua al colmo di piena è stato effettuato in via indiretta, in accordo con la metodologia proposta dal VAPI, a partire dalle precipitazioni intense e in particolare con il "modello geomorfoclimatico", stimando $m(Q)$ come una frazione della massima intensità di pioggia che può verificarsi sul bacino dipendente dalle caratteristiche geomorfologiche dello stesso.

Ad eventi di pioggia brevi ed intensi corrispondono, di solito, deflussi di piena nella sezione terminale del bacino dovuti essenzialmente allo scorrimento delle acque sui versanti e nei canali della rete idrografica.

Il bilancio idrologico di un bacino durante i fenomeni di piena può pertanto essere schematizzato considerando che fra i volumi in ingresso e quelli in uscita si stabilisce una relazione per effetto di una concomitante trasformazione dei due sottosistemi da cui è costituito il bacino:

- sui versanti, un'aliquota delle precipitazioni totali viene persa a causa del fenomeno dell'infiltrazione e quindi ai fini del bilancio di piena nella sezione finale contribuisce soltanto una parte delle precipitazioni totali, definita pioggia "efficace";
- nella rete idrografica, l'aliquota delle piogge efficaci derivante dai versanti viene invasata e trasportata alla sezione di sbocco a costituire l'idrogramma di piena, che si manifesta con un certo ritardo nei confronti del pluviogramma che lo ha causato.

Per definire l'effetto dei versanti sulla determinazione della pioggia "efficace" si definisce coefficiente di afflusso di piena C_f il rapporto tra i volumi di piena e le precipitazioni totali sul bacino in un prefissato intervallo di tempo.

Per tenere conto del ritardo con cui l'idrogramma di piena si manifesta nella sezione di chiusura di un bacino rispetto al pluviogramma che lo ha determinato, è necessario definire una funzione di risposta del bacino stesso ad un ingresso impulsivo unitario, detto anche idrogramma unitario istantaneo o IUH. Per pluviogramma di forma rettangolare, con durata ed intensità in accordo con la legge di probabilità pluviometrica sul bacino $m[I_A(d)]$, l'idrogramma di piena corrispondente ha ordinata al colmo proporzionale all'intensità di pioggia per mezzo di un coefficiente di attenuazione di piena $S(d)$ o funzione di picco

$$S(d) = \int_{t_p-d}^d u(\tau) dt$$

in cui $u(\tau)$ è l'idrogramma unitario istantaneo e t_p è l'istante in cui si manifesta il colmo di piena, misurato a partire dal momento di inizio della pioggia. La forma assunta da $S(d)$ dipende sostanzialmente dal tempo di ritardo del reticolo idrografico t_r , definito come intervallo temporale che intercorre tra il baricentro del pluviogramma e quello dell'idrogramma corrispondente.

Definita la funzione $S(d)$, la portata al colmo di piena per unità di area dipende in maniera proporzionale dal prodotto $m[I_A(d)] S(d)$, in cui all'aumentare di d il primo termine diminuisce mentre il secondo aumenta. La durata d per cui tale prodotto risulta massimo viene definita durata critica del bacino d_c .

Il massimo annuale della portata al colmo di piena, che si verifica dunque per eventi di durata d_c , viene definito come:

$$m(Q) = C_f \cdot A \cdot S(d_c) \cdot m[I_A(d_c)] \quad (4)$$

La (4) può essere riscritta come:

$$m(Q) = \frac{C_f \cdot q \cdot m[I_A(t_r)] \cdot A}{3.6} \quad (5)$$

in cui:

- t_r = tempo di ritardo del bacino, in ore;
- C_f = coefficiente di deflusso, caratteristico del bacino;

- $m[I_A(t_r)]$ = media del massimo annuale dell'intensità di pioggia areale di durata pari al tempo di ritardo t_r del bacino, in mm/ora;
- A = area del bacino, in km^2 ;
- q = coefficiente di attenuazione del colmo di piena.

Seguendo l'approccio sopra definito, per lo studio del bacino e per valutare la media dei massimi annuali della portata al colmo di piena $m(Q)$, risulta in definitiva necessario:

- determinare le caratteristiche morfologiche ed altimetriche dei bacini idrografici;
- definire la legge di probabilità pluviometrica areale $m[I_A(d)]$;
- calcolare i parametri del modello geomorfoclimatico C_f e t_r .

Per quanto concerne le prime, ogni bacino è caratterizzato morfologicamente ed altimetricamente attraverso la definizione di una serie di grandezze. Precisamente sono state considerate le seguenti caratteristiche geometriche:

- la superficie del bacino;
- la lunghezza dell'asta principale;
- la quota minima coincidente con la sezione di chiusura del bacino;
- l'altitudine massima del bacino riferita al livello medio del mare;
- l'altitudine media, definita come la retta di compenso della curva ipsografica.

La legge di probabilità pluviometrica areale consente invece di conoscere come varia la media del massimo annuale dell'altezza di pioggia areale $m[I_A(d)]$ in funzione della durata d e dell'area A del bacino. Nota la legge $m[h_A(d)]$, è possibile definire la media dei massimi annuali dell'intensità di pioggia areale come:

$$m[I_A(d)] = m[h_A(d)] / d \quad (6)$$

La metodologia comunemente impiegata consiste nell'ottenere la media del massimo annuale dell'altezza di pioggia areale $m[h_A(d)]$ dalla media del massimo annuale dell'altezza di pioggia puntuale $m[h(d)]$ attraverso un fattore di ragguaglio noto come coefficiente di riduzione areale $K_A(d)$ come:

$$m[h_A(d)] = K_A(d) \cdot m[h(d)] \quad (7)$$

Per definire la (7) risulta dunque necessario:

- definire la legge di probabilità pluviometrica $m[h(d)]$;
- calcolare il coefficiente di riduzione areale.

Per la stima della legge di probabilità pluviometrica, che definisce appunto la variazione della media del massimo annuale dell'altezza di pioggia con la durata, il Rapporto VAPI Campania fa sostanzialmente riferimento a leggi a quattro parametri del tipo:

$$m[h(d)] = \frac{m[I_0] \cdot d}{\left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^{C-D \cdot z}} \quad (8)$$

in cui $m[I_0]$ rappresenta il limite dell'intensità di pioggia per d che tende a 0.

Nel Rapporto VAPI Campania i parametri della suddetta legge sono stati determinati, per sei aree ritenute omogenee dal punto di vista pluviometrico, attraverso una procedura di stima regionale utilizzando i dati di 44 stazioni pluviografiche con più di 10 anni di osservazioni, ed in particolare:

- i massimi annuali delle altezze di pioggia in intervalli di 1, 3, 6, 12 e 24 ore;
- le altezze di pioggia relative ad eventi di notevole intensità e breve durata, che il SIMN non certifica come massimi annuali.

| Area omogenea | n. stazioni | $m(I_0)$ [mm/ora] | d_c [ore] | C | $D \cdot 10^5$ | ρ^2 |
|---------------|-------------|----------------------|----------------|--------|----------------|----------|
| 1 | 14 | 77.08 | 0.3661 | 0.7995 | 3.6077 | 0.9994 |
| 2 | 12 | 83.75 | 0.3312 | 0.7031 | 7.7381 | 0.9991 |
| 3 | 5 | 116.7 | 0.0976 | 0.7360 | 8.7300 | 0.9980 |
| 4 | 3 | 78.61 | 0.3846 | 0.8100 | 24.874 | 0.9930 |
| 5 | 6 | 231.8 | 0.0508 | 0.8351 | 10.800 | 0.9993 |
| 6 | 4 | 87.87 | 0.2205 | 0.7265 | 8.8476 | 0.9969 |

Tab. 2. Parametri delle leggi di probabilità pluviometriche regionali per ogni area pluviometrica omogenea.

Il fattore di riduzione areale viene invece ritenuto costante al variare del periodo di ritorno, e pari a:

$$K_A(d) = 1 - \left[(1 - \exp(-c_1 \cdot A)) \cdot \exp(c_2 \cdot d^{c_3}) \right] \quad (9)$$

con:

- A = area del bacino, in km^2 ;
- $c_1 = 0.0021$;
- $c_2 = 0.53$;
- $c_3 = 0.25$.

Per i bacini molto piccoli, K_A è praticamente pari ad 1.

Infine, vengono descritte le modalità di calcolo dei parametri utilizzati nel modello geomorfoclimatico. Nel Rapporto VAPI Campania il territorio campano è stato suddiviso in complessi idrogeologici costituiti da litotipi che, pur diversi, mantengono un identico comportamento nei confronti dell'infiltrazione, della percolazione e della circolazione dell'acqua nel sottosuolo. Questi complessi sono stati accorpati nelle seguenti cinque classi in base alle caratteristiche di permeabilità:

1. **classe A** (*alta capacità di permeabilità*), in cui sono inclusi quasi esclusivamente i calcari per la loro elevatissima capacità di infiltrazione dovuta all'alto grado di permeabilità per fessurazione e carsismo che li caratterizza;
2. **classe MA** (*capacità di permeabilità medio-alta*), che ingloba, quasi esclusivamente, le dolomie. Questo litotipo, che costituisce la base affiorante di quasi tutti i massicci carbonatici campani, ha un grado di permeabilità inferiore a quello dei calcari;
3. **classe M** (*media capacità di permeabilità*), comprendente i detriti di falda e di conoide, i depositi alluvionali e il complesso delle lave;
4. **classe MB** (*capacità di permeabilità medio-bassa*), ad essa appartengono i complessi sabbioso-conglomeratico pliocenico, arenaceo-breccioso miocenico, piroclastico, calcareo-siliceo, fluvio-lacustre e lacustre;
5. **classe B** (*bassa capacità di permeabilità*), comprendente tutti i depositi prevalentemente argillosi che, a scala regionale, possono considerarsi per lo più impermeabili.

Sempre ai fini del calcolo dei deflussi di piena, è stato mostrato inoltre che una certa influenza viene esercitata anche dalla presenza di copertura boschiva, essenzialmente in funzione del tipo di permeabilità del terreno interessato.

La metodologia proposta dal VAPI Campania per la valutazione dei parametri del modello geomorfoclimatico, e cioè del coefficiente di deflusso C_f e del tempo di ritardo del bacino t_r , assume alla base la suddivisione di ogni bacino in complessi omogenei dal punto di vista idrogeologico.

In particolare, l'intero territorio è stato suddiviso in:

- aree permeabili senza copertura boschiva, indicate con A_1 ;
- aree a bassa permeabilità, indicate con A_2 ;
- aree permeabili con copertura boschiva, indicate con A_3 .

Dato il significato del coefficiente di deflusso, l'ipotesi più semplice per la sua stima consiste nell'assumere che esista un valore di C_f per ogni singolo complesso omogeneo e nel considerare il valore globale come la media pesata di tali valori caratteristici. Adottando, invece, il modello geomorfoclimatico, risulta:

$$C_f = C_{f1} \frac{A_1}{A} + C_{f2} \frac{A_2}{A} + C_{f3} \frac{A_3}{A} \quad (10)$$

Nel Rapporto VAPI Campania sono stati stimati per C_{f1} , C_{f2} e C_{f3} i seguenti valori:

- C_{f1} = coefficiente di afflusso dell'area permeabile senza bosco, assunto pari a 0.42;
- C_{f2} = coefficiente di afflusso dell'area impermeabile, assunto pari a 0.56;
- C_{f3} = coefficiente di afflusso dell'area permeabile con copertura boschiva, assunto pari a 0.001.

Adottando il metodo geomorfoclimatico, il tempo di ritardo può essere calcolato come media pesata del ritardo medio di ognuno dei complessi idrogeologici eterogenei:

$$t_r = \frac{C_{f1} \cdot A_1}{C_f \cdot A} \frac{1.25}{3.6 \cdot c_1} \sqrt{A_1} + \frac{C_{f2} \cdot A_2}{C_f \cdot A} \frac{1.25}{3.6 \cdot c_2} \sqrt{A_2} \quad (11)$$

Nella precedente risultano (dalle stime effettuate nel Rapporto VAPI Campania):

- c_1 = celerità media di propagazione dell'onda di piena nel reticolo idrografico relativa alle aree permeabili senza bosco, pari a 0.23 m/s;
- c_2 = celerità media di propagazione dell'onda di piena nel reticolo idrografico relativa alle aree impermeabili, pari a 1.87 m/s.

Per C_{f1} e C_{f2} valgono invece i valori descritti in precedenza ($C_{f1} = 0.42$ e $C_{f2} = 0.56$).

Definita la legge di probabilità pluviometrica areale e calcolati i parametri C_f e t_r , la piena media annua viene calcolata, come detto precedentemente, con la relazione:

$$m(Q) = \frac{C_f \cdot q \cdot m[I_A(t_r)]A}{3.6} \quad (12)$$

Nella relazione precedente il coefficiente di attenuazione del colmo di piena dipende in maniera complessa dalla forma della legge di probabilità pluviometrica e dalla risposta della rete idrografica e consente di tenere conto, tra l'altro, dell'errore che si commette nell'assumere che la durata critica del bacino, e cioè la durata della pioggia che causa il massimo annuale del colmo di piena, sia pari al tempo di ritardo t_r del bacino stesso. Esso può essere valutato, in prima approssimazione, come:

$$q = \begin{cases} 0.60 & \text{se } 0.25 \leq 1 + k_1 \cdot A - \frac{\beta t_r / d_c}{1 + t_r / d_c} \leq 0.45 \\ 0.65 & \text{se } 0.45 \leq 1 + k_1 \cdot A - \frac{\beta t_r / d_c}{1 + t_r / d_c} \leq 0.65 \end{cases} \quad (13)$$

in cui:

- $\beta = (C - D \cdot z)$ e d_c sono i parametri della legge di probabilità pluviometrica;
- k_1 è un coefficiente numerico pari a $1.44 \cdot 10^{-4}$ se l'area A è espressa in km^2 e il tempo di ritardo t_r in ore.

Risultati

Nelle tabelle successive sono riportati i risultati ottenuti dall'applicazione dell'approccio sintetizzato nelle pagine precedenti. In maggior dettaglio, nella successiva Figura 1 sono rappresentati i bacini delimitati dalle sezioni di chiusura considerate, mentre nelle Tabelle 3-6 vengono riportate le corrispondenti caratteristiche fisiografiche, pluviometriche e geomorfologiche. In particolare, per la determinazione delle caratteristiche geometriche, è stato utilizzato il DTM dell'I.G.M. tratto dalla cartografia alla scala 1:25.000.

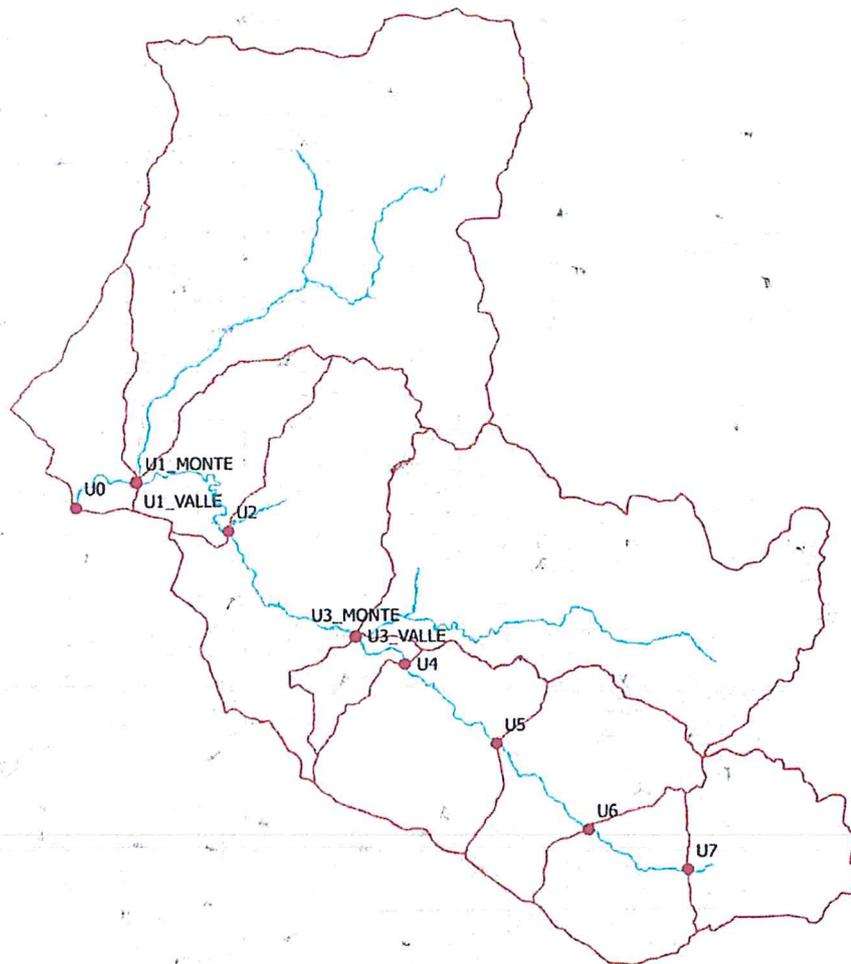


Fig. 1. Sezioni di chiusura e relativi bacini imbriferi.

Ciò ha consentito di determinare rapidamente l'area del bacino, la quota massima, quella minima e la quota media (non è quindi stata costruita la curva ipsografica), mentre per la determinazione delle caratteristiche pluviometriche, una volta individuate le percentuali di bacino ricadenti nelle differenti aree omogenee VAPI, è stata effettuata una media pesata dei parametri riportati nella Tabella 2 ed è stata così valutata la legge di probabilità pluviometrica.

Infine, per la determinazione dei parametri C_f e t_r del modello geomorfoclimatico si è proceduto in primo luogo a definire i complessi omogenei dal punto di vista idrogeologico. In particolare, note per ogni bacino le aree permeabili ed impermeabili, definite sulla scorta dei dati più aggiornati relativi alla geologia (disponibili presso L'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno), le aree ricoperte da bosco (ricavate dalla carta della *Copertura boschiva* all'uopo redatta intersecando i dati ricavati dalla lettura delle ortofoto alla scala 1:10.000 con quelli della Carta dell'Uso del Suolo Corine Land Cover) e le aree delle conche endoreiche più importanti, è stato possibile determinare le aree omogenee VAPI A_1 , A_2 e A_3 così come definite nei paragrafi precedenti.

| Sezione | A | Y_{max} | Y_{min} | Y_{med} |
|----------|--------------------|------------|------------|------------|
| | [km ²] | [m s.l.m.] | [m s.l.m.] | [m s.l.m.] |
| U0 | 728.2 | 1078 | 140 | 552 |
| U1_MONTE | 468.9 | 1078 | 151 | 547 |
| U1_VALLE | 697.9 | 1078 | 151 | 561 |
| U2 | 435.0 | 1078 | 199 | 562 |
| U3_MONTE | 192.9 | 1078 | 316 | 594 |
| U3_VALLE | 343.2 | 1078 | 310 | 596 |
| U4 | 182.1 | 1078 | 328 | 605 |
| U5 | 128.7 | 1078 | 391 | 654 |
| U6 | 78.0 | 1006 | 431 | 681 |
| U7 | 42.8 | 1006 | 504 | 712 |

Tab. 3. Caratteristiche fisiografiche bacini del fiume Ufita.

| Sezione | A | A_1 | A_2 | A_3 |
|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | [km ²] | [km ²] | [km ²] | [km ²] |
| U0 | 728.2 | 7.0 | 720.7 | 0.4 |
| U1_MONTE | 468.9 | 0.1 | 468.7 | 0.0 |
| U1_VALLE | 697.9 | 7.0 | 690.4 | 0.4 |
| U2 | 435.0 | 0.1 | 434.8 | 0.0 |
| U3_MONTE | 192.9 | 0.1 | 192.8 | 0.0 |
| U3_VALLE | 343.2 | 0.1 | 343.0 | 0.0 |
| U4 | 182.1 | 0.0 | 182.1 | 0.0 |
| U5 | 128.7 | 0.0 | 128.7 | 0.0 |
| U6 | 78.0 | 0.0 | 78.0 | 0.0 |
| U7 | 42.8 | 0.0 | 42.8 | 0.0 |

Tab. 4. Caratteristiche geomorfologiche dei bacini

Inoltre, nella definizione del coefficiente di deflusso e del tempo di ritardo sono state tenute in conto anche le eventuali aree non contribuenti (ad esempio le conche endoreiche) che sono state indicate con A_c , per cui le relazioni (10) e (11) diventano, per il caso specifico, rispettivamente:

$$C_f = C_{f1} \cdot \frac{A_1}{A - A_c} + C_{f2} \cdot \frac{A_2}{A - A_c} + C_{f3} \cdot \frac{A_3}{A - A_c} \quad (14)$$

$$t_r = \frac{C_{f1} \cdot A_1}{C_f \cdot (A - A_c)} \cdot \frac{1.25}{3.6 \cdot c_1} \cdot \sqrt{A_1} + \frac{C_{f2} \cdot A_2}{C_f \cdot (A - A_c)} \cdot \frac{1.25}{3.6 \cdot c_2} \cdot \sqrt{A_2} \quad (15)$$

| Sezione | A | C_f | t_r | K_A | $m[I_A(t_r)]$ | $m(Q)$ |
|----------|--------------------|-------|-------|-------|---------------|---------------------|
| | [km ²] | | [ore] | | [mm/ora] | [m ³ /s] |
| U0 | 728.19 | 0.56 | 4.98 | 0.65 | 4.60 | 328.75 |
| U1_MONTE | 468.86 | 0.56 | 4.02 | 0.70 | 5.96 | 275.49 |
| U1_VALLE | 697.86 | 0.56 | 4.87 | 0.65 | 4.66 | 319.64 |
| U2 | 435.01 | 0.56 | 3.87 | 0.72 | 6.28 | 269.19 |
| U3_MONTE | 192.92 | 0.56 | 2.58 | 0.83 | 10.45 | 198.58 |
| U3_VALLE | 343.17 | 0.56 | 3.44 | 0.75 | 7.37 | 249.25 |
| U4 | 182.14 | 0.56 | 2.51 | 0.84 | 10.83 | 194.57 |
| U5 | 128.71 | 0.56 | 2.11 | 0.87 | 13.03 | 165.49 |
| U6 | 78.04 | 0.56 | 1.64 | 0.92 | 16.68 | 128.52 |
| U7 | 42.82 | 0.56 | 1.22 | 0.95 | 21.21 | 89.38 |

Tab. 5. Caratteristiche pluviometriche dei bacini.

| Sezione | A | $m(Q)$ | Q_2 | Q_5 | Q_{10} | Q_{20} | Q_{30} | Q_{50} | Q_{100} | Q_{300} | Q_{500} | Q_{1000} |
|----------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | [km ²] | [m ³ /s] |
| U0 | 728.19 | 328.75 | 286.01 | 424.09 | 535.86 | 667.36 | 746.26 | 858.04 | 1009.26 | 1229.53 | 1364.32 | 1485.95 |
| U1_MONTE | 468.86 | 275.49 | 239.67 | 355.38 | 449.04 | 559.24 | 625.35 | 719.02 | 845.74 | 1030.32 | 1143.27 | 1245.20 |
| U1_VALLE | 697.86 | 319.64 | 278.09 | 412.34 | 521.02 | 648.87 | 725.59 | 834.26 | 981.30 | 1195.46 | 1326.51 | 1444.78 |
| U2 | 435.01 | 269.19 | 234.20 | 347.26 | 438.78 | 546.46 | 611.07 | 702.59 | 826.42 | 1006.78 | 1117.15 | 1216.75 |
| U3_MONTE | 192.92 | 198.58 | 172.76 | 256.16 | 323.68 | 403.11 | 450.77 | 518.28 | 609.63 | 742.67 | 824.09 | 897.56 |
| U3_VALLE | 343.17 | 249.25 | 216.85 | 321.53 | 406.28 | 505.98 | 565.80 | 650.54 | 765.20 | 932.20 | 1034.39 | 1126.61 |
| U4 | 182.14 | 194.57 | 169.28 | 251.00 | 317.15 | 394.98 | 441.67 | 507.83 | 597.33 | 727.69 | 807.47 | 879.46 |
| U5 | 128.71 | 165.49 | 143.98 | 213.48 | 269.75 | 335.94 | 375.66 | 431.93 | 508.05 | 618.93 | 686.78 | 748.01 |
| U6 | 78.04 | 128.52 | 111.82 | 165.80 | 209.49 | 260.90 | 291.75 | 335.45 | 394.57 | 480.68 | 533.38 | 580.93 |
| U7 | 42.82 | 89.38 | 77.76 | 115.31 | 145.70 | 181.45 | 202.90 | 233.29 | 274.41 | 334.30 | 370.94 | 404.02 |

Tab. 6. Portate media annua e per diversi valori del periodo di ritorno per le sezioni di interesse.